

CLIPPEDIMAGE= JP406104181A

PAT-NO: JP406104181A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06104181 A

TITLE: MANUFACTURE OF INSULATING FILM BY OPTICAL CVD METHOD AND  
MANUFACTURE OF  
INSULATING FILM SUBJECTED TO PLANARIZATION

PUBN-DATE: April 15, 1994

INVENTOR-INFORMATION:  
NAME  
WATANABE, TETSUO

ASSIGNEE-INFORMATION:  
NAME COUNTRY  
SONY CORP N/A

APPL-NO: JP04278189

APPL-DATE: September 22, 1992

INT-CL (IPC): H01L021/205

US-CL-CURRENT: 148/DIG.85,438/763 ,438/FOR.398 ,438/FOR.411

ABSTRACT:

PURPOSE: To obtain an insulating film excelling in flatness wherein few particles are generated and little damage is given to a substrate and further, the steps and grooves having respectively large aspect ratios can be buried well.

CONSTITUTION: A silicon nitride film 30 is formed by an optical CVD method, and the insulating film formed out of a silicon oxide film 32 is manufactured by oxidizing the silicon nitride film 30. When using the optical CVD method, a semiconductor substrate 8 for the silicon nitride film 30 to be formed thereon is heated at a temperature not higher than 200&deg;C, preferably at a temperature not higher than 150&deg;C, and more preferably at a temperature of about 100&deg;C. As the light source used in the optical CVD method, a low-pressure mercury vapor lamp and an ArF excimer laser, etc., are used. As for the method for applying light to the substrate from the light source, either of the vertical- irradiation method for projecting the light directly on the substrate and the horizontal-irradiation method for applying the light in the horizontal direction to the substrate will do.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-104181

(43)公開日 平成6年(1994)4月15日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/205

審査請求 未請求 請求項の数4(全 7 頁)

(21)出願番号 特願平4-278189

(22)出願日 平成4年(1992)9月22日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 渡辺 哲男

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

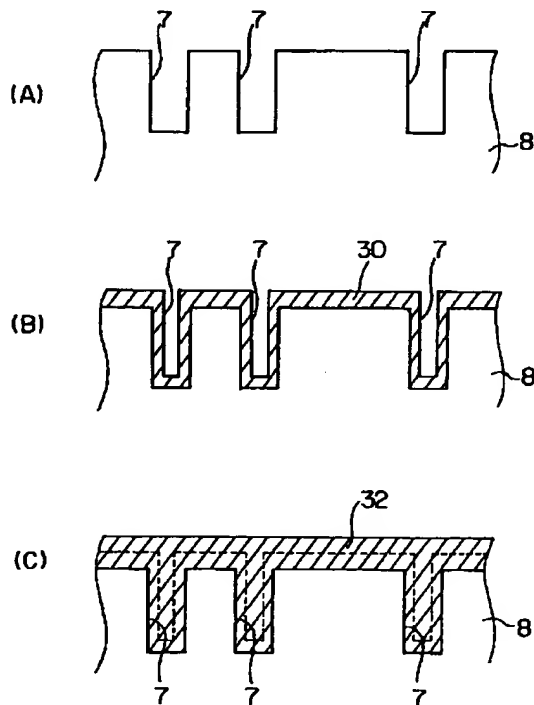
(74)代理人 弁理士 佐藤 隆久

(54)【発明の名称】 光CVD法利用絶縁膜の製造方法と平坦化絶縁膜の製造方法

(57)【要約】

【目的】 パーティクルの発生が少なく、しかも基板に対するダメージが少なく、アスペクト比が大きい段差や溝を良好に埋め込むことが可能であり、平坦性に優れた絶縁膜を提供すること。

【構成】 光CVD法により、窒化シリコン膜30を形成し、その窒化シリコン膜30を酸化することにより、酸化シリコン膜32で構成される絶縁膜を製造する。窒化シリコン膜30が形成される半導体基板8は、CVD時において、200℃以下、好ましくは150℃以下、さらに好ましくは100℃程度の温度で加熱する。光CVD法に用いる光源としては、低圧水銀ランプ、ArFエキシマレーザなどが用いられる。光源からの光の照射方式は、基板上に直接光を当てる垂直照射方式でも、基板に対して水平方向に光を入射させる水平照射式でも良い。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光CVD法により、シリコン系薄膜を形成し、そのシリコン系薄膜を酸化することにより、酸化シリコン膜で構成される絶縁膜を製造することを特徴とする光CVD法利用絶縁膜の製造方法。

【請求項2】 シリコン系薄膜が形成される半導体基板を200℃以下に加熱しつつ、光CVD法により、半導体基板上に、シリコン系薄膜を成膜することを特徴とする請求項1に記載の光CVD法利用絶縁膜の製造方法。

【請求項3】 溝または段差が形成してある下地層の表面に、光CVD法により、シリコン系薄膜を形成し、そのシリコン系薄膜を酸化することにより、酸化シリコン膜で構成される平坦化絶縁膜を形成し、上記溝または段差を埋め込み、表面を平坦化することを特徴とする光CVD法利用の平坦化絶縁膜の製造方法。

【請求項4】 上記光CVD法で形成されるシリコン系薄膜の膜厚は、上記溝または段差の幅の1/2〜1/8である請求項3に記載の光CVD法利用の平坦化絶縁膜の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、たとえば超LSI製造工程において、配線の層間膜や素子分離などに好適に用いられる絶縁膜の製造方法に係り、さらに詳しくは、光CVD法により成膜されるシリコン系薄膜の特異な性質を利用することにより平坦性に優れた絶縁膜を製造する方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近來、LSIの微細化が進み、配線やトレンチなどによる段差のアスペクト比はますます増加し、その平坦化がますます困難になっている。アスペクト比の大きい配線層間や基板のトレンチをボイドなく埋め込む方法として、ECR (electron cyclotron resonance) プラズマCVD法にバイアス電圧を印加するバイアスECRCVD法が考案され、検討されている。

【0003】 ECRプラズマCVD法は、マイクロ波と磁場との相互作用による電子サイクロトロン共鳴を利用して、プラズマを発生させ、プラズマ励起されたソースガスを反応させて基板上に堆積させ、成膜を行なう技術である。このECRプラズマCVD法と、基板にバイアス印加することによるスパッタ成分との組合せを、バイアスECRCVD法と称し、段差に対するオーバーハングを抑制し、配線間やトレンチをボイドなく絶縁膜で埋め込む方法としての応用が期待されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、バイアスECRCVD法では、プラズマを発生させるため、荷電粒子による基板の損傷が懸念される。特に基板にはバイアスが印加されるため、基板は荷電粒子にたたかれる。また、スパッタ成分を利用しているため、パーティクルの

発生が多くなるという問題点を有している。

【0005】 特に、将来、装置の微細化が進むにつれて、わずかなダメージでもトランジスタ特性に影響を及ぼすことが考えられる。

【0006】 一方、プラズマなどの荷電粒子によるダメージがない成膜技術として、光CVD法が知られている。特に紫外光源を用い、反応ガスの直接励起を用いたCVD法が多く研究されている。たとえば光CVD法を用いて窒化シリコン絶縁膜を成膜するには、光源として、低圧水銀ランプあるいはArFエキシマレーザを用い、反応ガスとしてSiN<sub>4</sub> およびNH<sub>3</sub> を用いて成膜を行なう。

【0007】 その際に、基板の温度は、300℃〜400℃に設定する。この温度より低いと、得られる窒化シリコン膜の膜質（エッチレート、含有水素量など）が悪化することが知られている。たとえば基板の温度を100℃とし、光CVD法により窒化シリコン膜を成膜すれば、成膜後、時間の経過と共に室温でも表面が酸化されてしまうという問題点を有している。基板を100℃に加熱し、ArFエキシマレーザを用いて光CVD法により窒化シリコン膜を成膜した直後の赤外吸収スペクトル分布は、図5に示すように、波数830cm<sup>-1</sup>において窒化シリコン（Si-N）の結合ピークが見られるのに対し、成膜後15日後の膜の赤外吸収スペクトル分布は、図6に示すように、窒化シリコンの結合ピークがほとんど消失し、代わりに1050cm<sup>-1</sup>において酸化シリコン（Si-O）の結合ピークが見られる。すなわち、低温の光CVD法により成膜した窒化シリコンの膜は、時間の経過と共に、膜中のSi-N結合が切れ、酸化することが見出された。また、膜の膜厚は、酸化膜の形成により、時間の経過と共に、増大して行く。

【0008】 この現象は、光CVD法の欠点と言うべき現象である。本発明者は、このような光CVD法の欠点とも言えるべき現象について鋭意検討した結果、この現象を逆に利用することにより、光CVD法の長所を最大限に生かした絶縁膜の製造方法および平坦化絶縁膜の製造方法を見出し、本発明を完成するに至った。

【0009】 本発明は、このような実情に鑑みてなされ、パーティクルの発生が少なく、しかも基板に対するダメージが少なく、アスペクト比が大きい段差や溝を良好に埋め込むことが可能であり、平坦性に優れた絶縁膜を提供することを目的とする。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、本発明の光CVD法利用絶縁膜の製造方法は、光CVD法により、シリコン系薄膜を形成し、そのシリコン系薄膜を酸化することにより、酸化シリコン膜で構成される絶縁膜を製造することを特徴とする。シリコン系薄膜が形成される半導体基板は、CVD時において、200℃以下、好ましくは150℃以下、さらに好ましくは

100℃程度の温度で加熱する。シリコン系薄膜としては、特に限定されないが、たとえば窒化シリコン膜（SiN膜）、酸素を含む窒化シリコン膜（SiON膜）、炭化シリコン膜（SiC膜）、アモルファスシリコン膜などが例示される。好ましくは、窒化シリコン膜が用いられる。

【0011】光CVD法に用いる光源としては、特に限定されず、低圧水銀ランプ、ArFエキシマレーザなどが用いられる。光源からの光の照射方式は、特に限定されず、基板上に直接光を当てる垂直照射方式でも、基板

に対して水平方向に光を入射させる水平照射式でも良い。  
【0012】光CVD法に用いられる反応ガスおよびその流量は、得ようとするシリコン系薄膜の種類に応じて決定され、窒化シリコン膜を得る場合には、原料ガスとして、SiH<sub>4</sub>、Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>などのシリコン系ソースガスとNH<sub>3</sub>などの窒素系ガスとが用いられる。また、光CVD時のチャンパー内圧力は、特に限定されず、たとえば100～500pa程度である。

【0013】光CVD後のシリコン系薄膜の酸化の条件は、特に限定されないが、たとえば水素および酸素の雰囲気下で、基板を加熱することにより行なう。加熱温度は、たとえば200～1000℃である。酸化時の水素および酸素の流量は、特に限定されないが、たとえば5～20リットル/分である。基板上にアルミニウム電極層などの金属電極層が積層してある場合には、比較的低温で加熱する。

【0014】酸化処理後には、膜質の安定化および膜質の向上などの目的でアニール処理を行なうことが好ましい。アニール処理条件としては、特に限定されないが、窒素などの不活性ガス雰囲気下で、加熱処理する。アニール処理のための加熱温度は、酸化時の加熱温度と同程度である。

【0015】本発明の絶縁膜の製造方法を利用して、下地層に形成してある溝または段差を埋め込む場合には、光CVD法で形成されるシリコン系薄膜の膜厚は、溝または段差の幅の1/2～1/8が好ましく、さらに好ましくは2/5～1/5である。

【0016】

【作用】本発明の方法では、まず低温成形が可能でカバレッジの良い光CVD法を行い、シリコン系薄膜を成膜する。光CVD法では、表面反応と気相反応との複合による成膜が行なわれる。次に、このシリコン系薄膜を酸化することにより、酸化シリコン膜で構成される絶縁膜を成膜する。酸化工程は、完全な表面反応工程である。この酸化の工程に際しては、被酸化種としてシリコン系薄膜が既に形成してあることから、酸化による下地側（トレンチや配線）の寸法変換差はほとんどない。なお、寸法変換差とは、下地側が酸化されることにより生じるトレンチや配線などのパターン寸法の縮小であり、

この現象が生じないことが望ましい。また、本発明の方法は、基本的にプラズマ工程を必要としないプロセスであるため、プラズマによるダメージが基板上に生じることなく、またパーティクルが発生することも少ない。

【0017】本発明の絶縁膜の製造方法を利用して、下地層に形成してある溝または段差を埋め込む場合には、最初の工程で表面反応と気相反応との複合である光CVD法によりシリコン系薄膜を溝または段差中に半分程度形成し、その後、完全表面反応である酸化工程により、溝または段差の埋め込みを完成する。そのため、寸法変換差を生じることなく、表面反応である酸化工程により、ボイドなどを生じることなくカバレッジ良く溝または段差の埋め込みを行なうことができる。

【0018】

【実施例】以下、本発明を図面に示す実施例に基づき詳細にする。なお、本発明は、これら実施例に限定されることなく、本発明の範囲内で種々に改変することができる。図1は本発明の一実施例で用いるCVD装置の要部断面図、図2は本発明の一実施例に係る溝の埋め込み方法を示す概略断面図、図3は本発明の他の実施例で用いるCVD装置の要部断面図、図4は本発明の他の実施例に係る段差の埋め込み平坦化方法を示す概略断面図、図5、6はそれぞれ低温度の光CVD法により得られた窒化シリコン膜の成膜直後および数日後の赤外吸収スペクトルを示すグラフである。

【0019】実施例1

本実施例では、図1に示す光CVD装置2を用いて、CVDチャンパー4内のサセプタ6上に設置されたシリコンウェーハなどで構成される半導体基板8の表面に窒化シリコン膜を成膜する。CVDチャンパー4には、反応ガス導入口10と、不活性ガス導入口12と排気口14とが形成してある。反応ガス導入口10からは反応ガスが導入される。

【0020】反応ガスとしては、シリコン系薄膜として窒化シリコン膜を成膜する場合には、SiH<sub>4</sub>、Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>などのシリコン系ソースガスとNH<sub>3</sub>などの窒素系ガスとが用いられる。不活性ガス導入口12からはアルゴンガスなどの不活性ガスが導入される。サセプタ6には、基板8を加熱する装置が装着してある。

【0021】CVDチャンパー4の上部には、光透過窓部16が装着してあり、光源としての低圧水銀ランプ18から光が光透過窓部16を通して半導体基板8上に垂直に照射される。このような照射方式を垂直照射方式という。低圧水銀ランプ18は、光源チャンパー20内に設置され、このチャンパー内には、導排出口22a、22bを通して窒素ガスなどの不活性ガスが流通するようになっている。

【0022】本実施例では、図2（A）に示すように、トレンチ溝7が形成してある半導体基板8を準備し、その半導体基板8をCVDチャンパー4内のサセプタ6上

に設置し、以下の条件で、基板8上に、図2(B)に示すように、窒化シリコン膜30を成膜した。

【0023】光源としては低圧水銀ランプを用い、放射方式は垂直照射方式を採用した。また、反応ガスとしては、 $\text{Si}_2\text{H}_6$  と  $\text{NH}_3$  とを用い、それぞれの流量を15sccmおよび500sccmとした。また、CVDチャンバー4内の圧力は、400pa(3Torr)とし、アルゴンガスを400sccmバージした。また、半導体基板8の加熱温度は、100℃であった。

【0024】ここで、光CVD法による窒化シリコン膜の成膜は、表面反応と気相反応との複合であり、その表面反応の成分が大きいと考えられている。すなわち、表面マイグレーション効果があると考えられている。その結果、窒化シリコン膜は、カバレッジ良く、ほぼオーバハングなく成膜できる。なお、成膜する窒化シリコン膜の膜厚は、図2(B)に示すように、トレンチ溝7内をすべて埋め込む程の膜厚ではなく、トレンチ溝7の幅の $1/2 \sim 1/8$ が好ましく、さらに好ましくは $2/5 \sim 1/5$ 、特に好ましくは $1/4$ である。

【0025】仮に光CVD法によりトレンチ溝7の全てを埋め込むとした場合には、光CVD法は気相反応の成分もあることから、膜厚が大きくなってくると、オーバーハングが生じるおそれがあり、最終的には、ボイドになってしまうおそれがある。また、逆に、光CVD法で得られる窒化シリコン膜の膜厚が薄すぎる場合には、後述する酸化工程により、窒化シリコン膜が完全に酸化され、酸化が基板8の表面にも及び、寸法変換差が生じってしまうことから好ましくない。

【0026】次に、本実施例では、窒化シリコン膜が形成された半導体基板8を装置2から取り出し、たとえば以下に示す条件で酸化を行なう。酸化の条件は、特に限定されないが、水素ガスおよび酸素ガスの雰囲気下で、基板をたとえば950℃程度に加熱して酸化処理を行なう。

【0027】光CVD法により成膜した窒化シリコン膜は、図5、6に示すように、酸化が生じ易い。したがって、たとえば上述した条件で酸化処理を行なうことにより、窒化シリコン膜中のSi-N結合が切れ、酸化シリコン(Si-O)が形成される。この時、同時に膜厚も増加する。この酸化処理に際しての反応は、膜種が気相で反応して堆積する気相反応と異なり、表面反応と考えられ、図2(C)に示すように、カバレッジ良く、溝内にボイドを形成する異なく、トレンチ溝7を埋め込み、平坦な酸化シリコン膜32が成膜される。この時、窒化シリコン膜30が酸化されて酸化シリコン膜32となるので、半導体基板8側が酸化されず、寸法変換差はほとんど生じない。

【0028】次に、本実施例では、たとえば次に示す条件によりアニール処理を行ない、膜32の安定化および膜質の向上を図る。すなわち、窒素雰囲気下で、膜32

が形成された半導体基板8を950℃の温度で加熱する。窒素の流量は、たとえば20リットル/分である。このような本実施例の方法により、安定な酸化シリコン膜がトレンチ溝7内に埋め込まれ、カバレッジの良い絶縁膜の成膜、ひいてはトレンチ溝内の埋め込み平坦化を行なうことが可能である。

#### 【0029】実施例2

本実施例では、アルミニウムなどの金属電極間を絶縁膜で埋め込み、平坦化を行なう実施例を示す。本実施例では、図3に示す光CVD装置40を用いて、CVDチャンバー4a内のサセプタ6a上に設置された半導体基板8aの表面に窒化シリコン膜を成膜する。CVDチャンバー4aには、反応ガス導入口10aと、不活性ガス導入口12aと排気口14aとが形成してある。反応ガス導入口10aからは反応ガスが導入される。

【0030】反応ガスとしては、シリコン系薄膜として窒化シリコン膜を成膜する場合には、 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{Si}_2\text{H}_6$ などのシリコン系ソースガスと $\text{NH}_3$ などの窒素系ガスとが用いられる。不活性ガス導入口12aからはアルゴンガスなどの不活性ガスが導入される。サセプタ6aには、基板8aを加熱する装置が装着してある。

【0031】CVDチャンバー4aの側部には、光透過窓部16aが装着してあり、光源としてのArFエキシマレーザ18aからのレーザ光が光学レンズ17および光透過窓部16aを通して半導体基板8aに沿って平行に照射される。このような照射方式を水平照射方式という。一般に、レーザ照射の場合には、レーザ光のエネルギーが強いので、水平照射方式が好ましい。

【0032】本実施例では、図4(A)に示すように、絶縁膜42およびアルミニウムなどの金属電極44が形成してある半導体基板8aを準備する。所定パターンの金属電極44の間には、段差46が形成してある。半導体基板8aは、たとえばシリコンウェーハで構成される。その半導体基板8aを、図3に示すCVDチャンバー4a内のサセプタ6a上に設置し、以下の条件で、基板8aの電極44上に、図4(B)に示すように、窒化シリコン膜30aを成膜した。

【0033】光源としてはArFエキシマレーザを用い、放射方式は水平照射方式を採用した。また、反応ガスとしては、 $\text{SiH}_4$  と  $\text{NH}_3$  とを用い、それぞれの流量を100sccmおよび500sccmとした。また、CVDチャンバー4内の圧力は、266pa(2Torr)とし、アルゴンガスを400sccmバージした。また、半導体基板8の加熱温度は、100℃であった。

【0034】ここで、光CVD法による窒化シリコン膜の成膜は、表面反応と気相反応との複合であり、その表面反応の成分が大きいと考えられている。すなわち、表面マイグレーション効果があると考えられている。その結果、窒化シリコン膜は、カバレッジ良く、ほぼオーバハングなく成膜できる。なお、成膜する窒化シリコン膜

の膜厚は、図4(B)に示すように、段差46内をすべて埋め込む程の膜厚ではなく、段差の幅の $1/2 \sim 1/8$ が好ましく、さらに好ましくは $2/5 \sim 1/5$ 、特に好ましくは $1/4$ である。

【0035】仮に光CVD法により段差46の全てを埋め込もうとした場合には、光CVD法は気相反応の成分もあることから、膜厚が大きくなってくると、オーバーハングが生じるおそれがあり、最終的には、ボイドとなってしまうおそれがある。また、逆に、光CVD法で得られる窒化シリコン膜の膜厚が薄すぎる場合には、後述する酸化工程により、窒化シリコン膜が完全に酸化され、酸化が基板8aの表面にも及び、寸法変換差が生じてしまうことから好ましくない。

【0036】次に、本実施例では、窒化シリコン膜が形成された半導体基板8aを装置2aから取り出し、たとえば以下に示す条件で酸化を行なう。酸化の条件は、特に限定されないが、水素ガスおよび酸素ガスの雰囲気中で、基板をたとえば400℃程度に加熱して酸化処理を行なう。本実施例において、基板の加熱温度が、実施例1の場合に比較して低いのは、アルミニウムなどの金属電極44を溶融させないためである。

【0037】光CVD法により成膜した窒化シリコン膜は、図5、6に示すように、酸化が生じ易い。したがって、たとえば上述した条件で酸化処理を行なうことにより、窒化シリコン膜中のSi-N結合が切れ、酸化シリコン(Si-O)が形成される。この時、同時に膜厚も増加する。この酸化処理に際しての反応は、膜種が気相で反応して堆積する気相反応と異なり、表面反応と考えられ、図4(C)に示すように、カバレッジ良く、段差46内にボイドなどを形成する異なく、段差46を埋め込み、平坦な酸化シリコン膜32aが成膜される。この時、窒化シリコン膜30aが酸化されて酸化シリコン膜32aとなるので、半導体基板8a側が酸化されず、寸法変換差はほとんど生じない。

【0038】次に、本実施例では、たとえば次に示す条件によりアニール処理を行ない、膜32の安定化および膜質の向上を図る。すなわち、窒素雰囲気中で、膜32aが形成された半導体基板8aを400℃の温度で加熱する。窒素の流量は、たとえば10リットル/分である。このような本実施例の方法により、安定な酸化シリコン膜が段差46内に埋め込まれ、カバレッジの良い絶縁膜の成膜、ひいては段差の埋め込み平坦化を行なうこ

とが可能である。

【0039】

【発明の効果】以上説明してきたように、本発明によれば、酸化による下地側(トレンチや配線)の寸法変換差はほとんど生じることなく、しかも基板に対するダメージを生じることなく、さらにパーティクルを発生させることなく、良質の絶縁膜を製造することができる。また、本発明の絶縁膜の製造方法を利用して、下地層に形成してある溝または段差を埋め込む場合には、表面反応である酸化工程により、寸法変換差を生じることなく、しかもボイドなどを生じることなくカバレッジ良く溝または段差の埋め込みを行なうことができる。したがって、本発明によれば、平坦性に優れた良質の絶縁膜を容易に作成することができ、この絶縁膜を、微細化された配線の層間膜や素子分離絶縁膜などとして好適に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例で用いるCVD装置の要部断面図である。

【図2】本発明の一実施例に係る溝の埋め込み方法を示す概略断面図である。

【図3】本発明の他の実施例で用いるCVD装置の要部断面図である。

【図4】本発明の他の実施例に係る段差の埋め込み平坦化方法を示す概略断面図である。

【図5】低温度の光CVD法により得られた窒化シリコン膜の成膜直後の赤外吸収スペクトルを示すグラフである。

【図6】低温度の光CVD法により得られた窒化シリコン膜の成膜後数日後の赤外吸収スペクトルを示すグラフである。

【符号の説明】

2, 2a... CVD装置

8, 8a... 半導体基板

7... トレンチ溝

18... 低圧水銀ランプ

18a... ArFエキシマレーザ

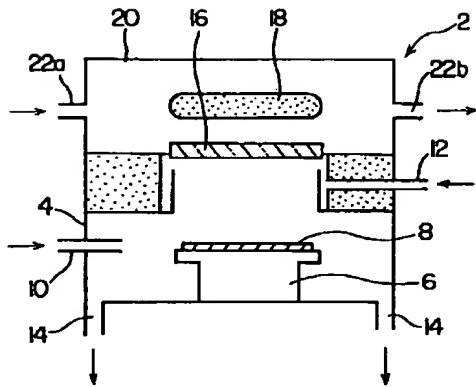
30, 30a... 窒化シリコン膜

32, 32a... 酸化シリコン膜

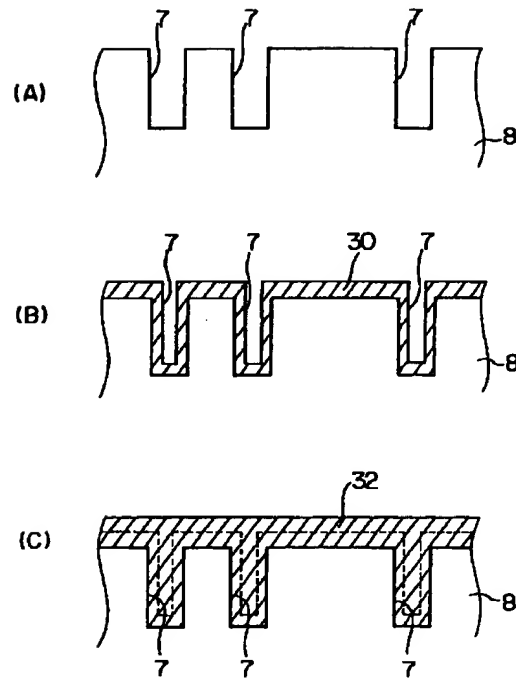
44... 金属電極

46... 段差

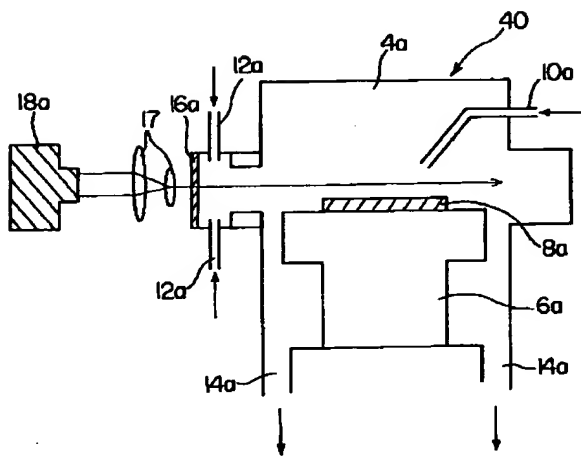
【図1】



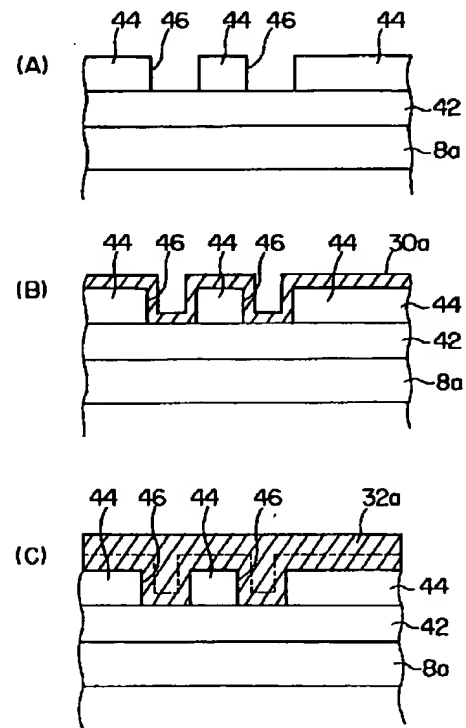
【図2】



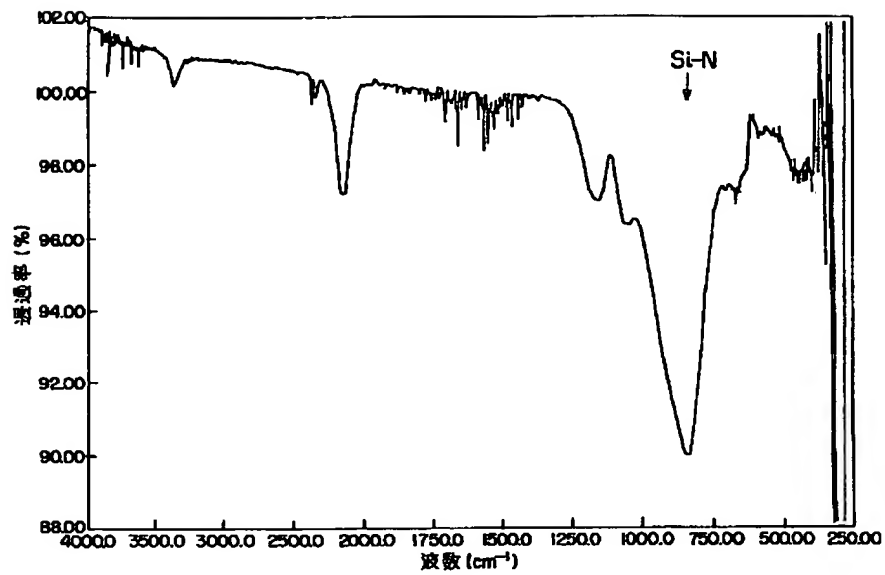
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

